

Foszforformák a kultúrnövények könnyezési nedvében

N. G. POTAPOV és MOLNÁRNÉ KERESZTES ILDIKÓ

Eötvös Loránd Tudományegyetem Növényélettani Intézet, Budapest

A növények foszforanyagcseréjének mélyreható tanulmányozása csak az utóbbi időkben került az érdeklődés homlokterébe. Sejtélettani és biokémiai ismereteink mai állása messzemenően rávilágít a foszfor óriási jelentőségére a növényi szervezetben.

A növény által felvett szervetlen foszfát, mely egymagában is fontos feladatot végez, alkotó eleme lesz a sejtmag és a plazma konstitucionális fehérjéinek, résztvesz a foszfatidok, nukleinsavak, különböző foszforsavészterek felépítésében és mint ilyen döntőjelentőségű szerepe van a növényi szervezet alapvető funkcióinak megvalósításában.

Meg kell állapítanunk, hogy a növényben végbemenő foszforátalakulások csak a legújabb idők egészen modern és korszerű módszerei (foszforizotópok, papírkromatográfia) segítségével voltak felderíthetők [15]. Ezt megelőzőleg a növény foszfortáplálkozását célzó vizsgálatok egészen más jellegűek voltak [26].

A növények tápanyag felvételéről kialakult korszerű nézet szerint a növény az anyagokat úgy veszi fel, hogy azok kölcsönhatásba lépnek a felszívó sejtek protoplazmájával [25]. A gyökér szerepe tehát az anyagfelvételben korántsem olyan passzív, mint ahogy azt régebben tartották. Számos kísérleti adat állít ma már kétségtelen bizonyítékot a gyökér-aktív anyagátalakító tevékenysége mellett [2, 7, 8, 9, 14, 34, 35].

Nem kétséges előttünk, hogy a növények minél magasabb terméshozamát biztosító racionális trágyázás kidolgozásához, mélyrehatóan kell ismernünk anyagcseréjüket. Ennek megvalósításához pedig elengedhetetlenül szükséges egy helyes vizsgálati módszer, mellyel ellenőrizhetjük a növény fejlődése folyamán mutatózó tápanyaggazdálkodását. Miután a növény tápanyaggazdálkodása dinamikájának egyik döntő faktora a gyökér aktív anyagátalakító tevékenysége is, a probléma megoldására jó lehetőséget biztosít a Szabinin által 1928-ban ismertetett könnyezési nedv analízisének módszere [32].

Magának a könnyezésnek a jelensége, bár közel száz éve ismert, mégis a növények ásványi táplálkozása mutatójául való felhasználására először Szabinin hívta fel a figyelmet. Őt megelőzőleg a jelenséggel foglalkozók csupán a folyamat mechanizmusát taglalták [12, 18, 31]. A könnyezést, vagyis a gyökérrendszerben fennálló egyirányú folyadékáramlást, a felszívó sejtekben folyó anyagcsere intenzitásában és jellegében rejlő lokalizált eltérések tartják fenn [33, 34].

Szabinin ezt az elméletileg jól megalapozott nézetét kb. 25 esztendő alapos és körültekintő kísérleti munkájával is kellőképpen alátámasztotta. A kísérleti munkák a könnyezési nedv analízisének, mint ásványi táplálkozási mutatónak helyességét bebizonyították és rávilágítottak a gyökér aktív anyagátalakító tevékenységére is [3, 16, 24, 34, 38, 39].

A könnyezési nedv analízisének, mint a növények ásványi táplálkozását vizsgáló módszernek helyességét Szabinin után több nyugati szerző is elismerte [17, 22, 23].

Émlítésre méltó P e v n y e v munkássága [21], aki szintén a könnyezési nedv módszerével oldotta meg, hogy miért mutatkozik a dinnyénél depresszív hatás műtrágyák alkalmazásakor, száraz zónák talajain, valamint megfejtette a kombinált műtrágyák hatására fellépő cukortartalom csökkenés és a szuperfoszfát alkalmazásakor észlelt emelkedés okát is.

Egybevetve tehát az eddig elmondottakat, mi is úgy véljük, hogy a különböző kultúrnövények foszfortáplálkozási sajátosságait vizsgálva, a leghelyesebb Szabinin könnyezési nedv analízisének módszerét alkalmazzunk.

Anyag és módszer

Kísérleti munkánkat 1953-ban és 1954-ben végeztük, egyrészt az Eötvös Loránd Tudományegyetem budapesti Botanikus Kertjében, másrészt az Alsógödi Biológiai Állomáson különböző kultúrnövényeken: spárga tök, martonvásári F. B. kukorica, korai nyári rózsza burgonya, Mauthner napraforgó, kender, Favorit paradicsom.

Az első évben a növényeket egészen fiatal, 15–20 napos koruktól kezdve termésérésig kb. 5 naponként könnyeztettük. A növény szárát gondosan megtisztítva desztillált vízzel leöblítettük és pontosan a gyökérnyaknál, alig valamivel a talaj szintje felett levágtuk. A vágási felületet gumi-

gyűrű csatlakozással kapcsoltuk össze a szedőedénnyel. A könnyeztetés időtartama általában este 6 órától reggel 8 óráig terjedt. Minden alkalommal megmértük külön az egyes növények által könnyezett nedv mennyiségét ml-ben, mely adatot a hozamértékek megállapításánál használtunk fel. Tájékoztató adatként meghatároztuk a nedv pH-ját, továbbá szárazanyagtartalmát és ennek szerves és szervetlen arányát. A foszforformák közül elsősorban a nedv szervetlen, illetve össz-foszfor koncentrációját állapítottuk meg és a kettő különbségéből adódó értéket szerves foszfornak tulajdonítottuk. Meghatározásul 1953-ban Taylor és Miller [37], továbbá Roth [28] molibdénkékes módszerét alkalmaztuk, redukálószerként sztanokloridot használva.

1954-ben a tenyészidő folyamán három alkalommal könnyeztetttük a kukoricát: először az intenzív vegetatív fázisban 29 napos növényeket, átlagosan 70 cm magassággal; második alkalommal 48 napos korukban, amikor a generatív fázisban voltak, kb. 180 cm magasak, a porzós virágzat éppen megjelent; a harmadik könnyeztetés a növények 76 napos korában történt, terméshozás fázisában. Minden alkalommal 50-50 növényt könnyeztetttünk, ezáltal egyrészt az egyedenkénti esetleges ingadozásokat akarván kiküszöbölni, másrészt biztosítani akartuk a kellő számú paralelhez szükséges nagyobb mennyiségű könnyezési nedvet. A könnyeztetést reggel 9 órakor kezdtük és az első részleget este 21 órakor gyűjtöttük be, majd a szedőedényeket ugyanazokra a növényekre visszatelve, másnap reggel 9 órakor a második 12 óra alatt könnyezett nedvet vettük le.

A foszformeghatározásoknál Fiske-Subbrow eljárását [10] alkalmaztuk, redukálószerként eikonogént alkalmazva. A méréseket nagy körültekintéssel végeztük, egy-egy adatot legalább tíz, de néha, ha a nedv mennyisége engedte, harminc paralel mérés átlagából számoltuk. Méréseinknél olyan paraleleket is alkalmaztunk, hogy ismert mennyiségű plusz foszfort adtunk a nedvhez, melyet csaknem minden esetben közel 100%-os pontossággal kaptunk vissza.

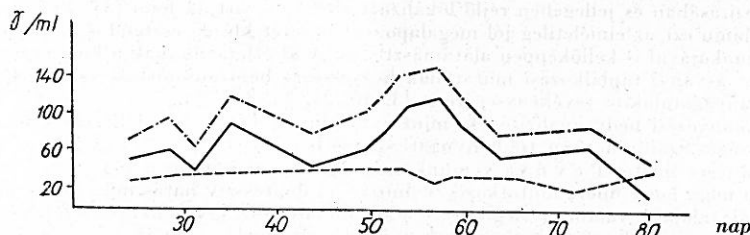
A papírkromatográfiás vizsgálatoknál próbálkoztunk az esetleges purin, pirimidin származékok és a különböző foszforsavészterek kimutatásával [4, 5, 6, 11, 19, 20, 27, 30].

A Beckman-fotométerrel végzett méréseket az ELTE Szervetlen és Analitikai Kémia Intézetében, illetve az MTA Biokémiai Intézetében végeztük, melyért ezúton is hálás köszönetünket fejezzük ki Schulek Elemér és Szörényi Imre akadémikusoknak.

Kísérleti rész

Foszforkoncentráció változások

Vizsgálatai eredményeink arra mutattak, hogy míg a szervetlen foszfor mennyisége a vegetációs idő folyamán meglehetősen állandó koncentrációban van jelen a könnyezési nedvben, addig a szerves és ennek következtében az összfoszfor mennyisége is erősen ingadozik. Jól látható ez az 1. és 2. ábrán, melyek a tök, illetve kukorica könnyezési nedvének különböző foszforkoncentrációit ábrázolják. A szerves foszfor e változásának dinamikus jellege igazolja a gyökér aktív működéséről

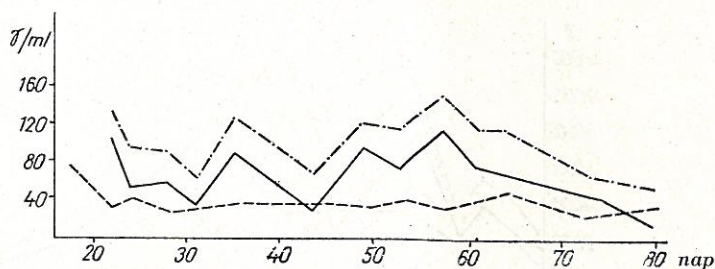


1. ábra

A tök könnyezési nedvének P-koncentráció változása a vegetációs idő folyamán. — — — szervetlen P, ————— szerves P, — · — · — össz. P.

alkotott nézetünket. Miután a gyökér ionfelvétele nem passzív ozmózis folyamat, így vonatkozásba hozva a földfeletti részekből leáramlott asszimilátumok elélegzésével, számolnunk kell a külső körülmények döntő befolyásával is. Így mindaz a körülmény, mely a növények asszimiláció intenzitását befolyásolja, feltétlen tükröződni fog a nedv mennyiségében és összetételében. Ebből következik tehát, hogy a gyökér tevékenységének alapját a növény szervesanyag körforgalma képezi [39]. Kísérleti adatainkból észlelhetők a növény életkorával kapcsolatos változások

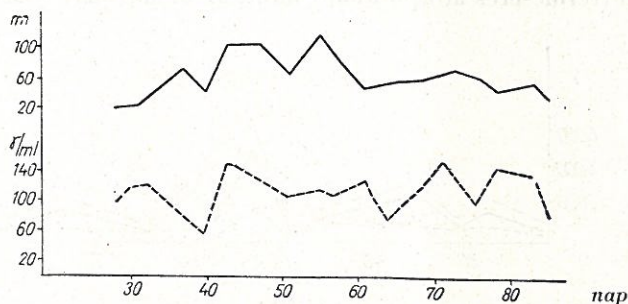
is, bár ezek inkább érvényesülnek a könnyezési nedv mennyiségi változásaiban, mint a foszforkoncentráció különbségekben (3. ábra.). A grafikonokból kitűnik, hogy míg a könnyezési nedv mennyiségét jelző görbe az állandó változások mellett



2. ábra

A kukorica könnyezési nedvének P-koncentráció változása a vegetációs idő folyamán. — — — szervetlen P, ——— szerves P, össz P.

mégis mutat egy határozott emelkedést a virágzásig (55 nap), majd ettől kezdve folyamatosan csökken, addig a nedv összfoszfor koncentrációja a vegetációs idő folyamán egy lüktető folytonos változást jelez, de nem ad kiemelkedő maximumot.



3. ábra

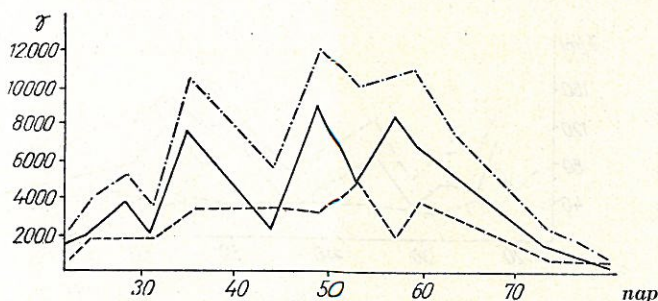
A tök növényénél, a vegetációs idő folyamán észlelt mennyiségi változások könnyezési nedvre és ennek össz P-koncentrációjára vonatkozóan ——— könnyezési nedv mennyisége ml-ben, — — — össz P-konc. g/ml-ben

Foszforhozam értékek

Előbbiekből logikusan következik, hogy ha értékelni akarjuk a növény foszfor-hozamát, tehát azt a foszformennyiséget, amit a gyökér a földfeletti részeknek juttat a vegetációs idő folyamán, akkor a nedvnek foszforkoncentrációja mellett mennyiségét is figyelembe kell vennünk. Hozam alatt a koncentrációnak a nedv mennyiségével való szorzatát értve, ez jelzi legjobban a növény földfeletti részeinek foszfor-„ellátását“. A 4. és 5. ábra a tök- és kukorica-növény foszforhozam változását ábrázolja a tenyészidő folyamán. Az ábrákon határozott maximum görbe lefutása látható. A növény foszforhozama tehát a vegetációs idő folyamán a közbenső ingadozásoktól eltekintve kb. a virágzásig nagyobbodik, majd utána csökken.

A következő kérdés: milyen a különböző kultúrnövények foszfor-„ellátása“ azonos körülmények között, másszóval van-e specifikusság az egyes kultúrnövények foszforhozamában? Teljes részletességgel, tehát az egész vegetációs időt végig kísérve, csak a Botanikus Kertben 1953-ban ültetett tök és kukorica nedvét hatá-

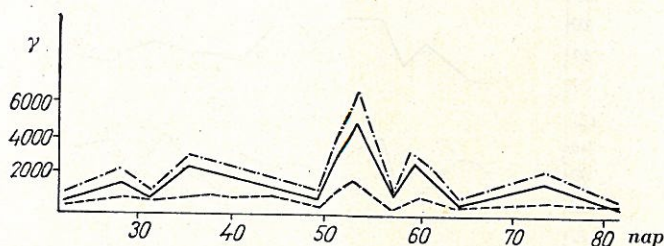
roztuk meg. Vannak viszont adataink ugyanebben az évben az Alsógödi Kísérleti Állomáson ültetett öt különböző kultúrnövényről. A 6. ábrán összehasonlítjuk a tök, kukorica, napraforgó, kender és paradicsom foszforhozamát az emlí-



4. ábra

A tök P-hozam változása a vegetációs idő folyamán. — — — szervetlen P, ——— szerves P, össz P.

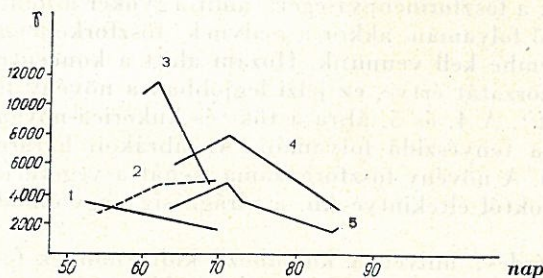
tett növények között határozott különbségek láthatók. Pl. a növények kikelésétől számított 60. naptól a legtöbb foszfort a paradicsom produkálja; a 70-ik napnál (termésérés állapotában) mind az öt növényt össze tudjuk hasonlí-



5. ábra

A kukorica P-hozam változása a vegetációs idő folyamán — — — szervetlen P, ——— szerves P, össz P.

tani, itt a napraforgó foszforhozama mutatkozik a legalacsonyabbnak. Kitűnik az ábrából még, hogy a kísérlet folyamán a tök ebben az esetben is mindig magasabb értéket ad, mint a kukorica. Ezt az észlelésünket megerősítették az



6. ábra

Különböző kultúrnövények P-hozam értékei. 1: Napraforgó. 2: Kender. 3: Paradicsom. 4: Tök. 5: Kukorica

1954-ben ugyancsak Alsógödön végzett vizsgálataink ilyen irányú részletének adatai is. Az 1. táblázatban összehasonlítjuk a tök, kukorica és a burgonya könnyezési nedvének foszforkoncentrációját és -hozamát, a szervetlen, szerves és összfoszforra vonatkozóan a növények virágzásakor.

1. táblázat

A virágzás fázisában levő növények könnyezési nedvének foszforformáira vonatkozó koncentráció és hozamértékek

(1) P formák	(2) 50 napos tök		(3) 42 napos kukorica		(4) 48 napos burgonya	
	Koncentráció γ/ml	Hozam γ-ban	Koncentráció γ/ml	Hozam γ-ban	Koncentráció γ/ml	Hozam γ-ban
Szervetlen	81,7	2510	94,5	1447	43	297
Szerves ...	20,0	650	23,5	383	37	195
Összes	101,7	3160	118	1830	80	492

Az adatokból kitűnik, hogy a három növény közül a tök foszforhozama a legmagasabb, majd a kukorica és utána a burgonya következik. Rávilágítanak a kapott értékek arra is, hogy a növényeknek ebben a fejlettségi fokában a szervetlen- és szerves foszfor aránya a burgonya esetében jóval magasabb, mint a másik kettőnél. Mindezekből látható hogy a különböző növények, azonos körülmények között, a gyökérrendszerük működésétől függően különbözőképpen vannak foszforral „ellátva” és a szervetlen-szerves foszfor arányában is növényenként eltérések mutatkoznak.

Szerves foszforformák

A növények foszfortáplálkozási sajátosságainak tisztázásánál nem kétséges, legnagyobb jelentőségű éppen a szerves foszfor mibenlétének közelebbi ismerete [29, 36]. Előre kell itt azonban bocsátanunk, hogy az irodalom vonatkozó munkáiban a kísérleti objektumok olyan anyagok, mint csírázó zab, borsóliszt stb. [1]. Ezek tehát mind szilárd növényi részek, melyeknél a számos ismert foszforfrakcionálási módszer alkalmazása lehetséges és a vizsgált foszforvegyületek is nagyobb koncentrációban vannak jelen, mint a számunkra rendelkezésre álló könnyezési nedvben, mely tulajdonképpen egy híg, vizes oldatnak tekinthető. Számításba véve még a könnyezési nedv különböző vegyületeinek gyors bomlását is, feladatunk megoldása mérhetetlen nehézségekbe ütközött. Egyedül járható útnak az mutatkozott, hogy egyrészt a nedv ún. savlabil foszfortartalmát mérjük, mint a szerves-foszfor egyik formáját, másrészt papírkromatográfiás módszerek alkalmazásával próbálunk foszforvegyületeket identifikálni. Ugyancsak ilyen céllal vettük tervbe a könnyezési nedv fényabszorpciójának mérését is a Beckman-spektrofotométer UV tartományában.

A foszfor- meghatározásokat Fiske—Subbarow szerint (redukálószerként eikonogént alkalmazva) végeztük, hogy e módosítással kiküszöböljük az eltérő foszformeghatározásból eredhető esetleges különbségeket. Ugyanis egyes szovjet kutatók szerint a könnyezési nedv csak szervetlen foszfort tartalmaz és az esetleges össz-foszfor-többség csak metodikai különbségekből eredhet. Mi azonban nem tart-

juk valószínűnek, hogy a könnyezési nedv, mely végeredményben egy biológiai folyadék, ami a növényi szervezetben, mondhatnánk a „vérkeringést“ képezi, ne tartalmazná a különböző életfolyamatokra annyira jellemző foszforvegyületek valamelyikét.

A szerves foszfort a könnyezési nedvben Fiske—Subbarow módszerével is ki lehetett mutatni. A továbbiakban vizsgáltuk egyrészt az egyazon növényekről gyűjtött könnyezési nedv foszfortartalmának napszakos változását, másrészt a begyűjtött nedvnek a szerves- és össz-foszfor koncentrációja mellett meghatároztuk a savlabil foszfortartalmát (norm. sósavval 10 perces hidrolízis, 100°-on), mint a szerves foszfor egyik formáját. Technikai nehézségek miatt e méréseket csak a kukoricával végeztük el.

2. táblázat
A kukorica könnyezési nedvének foszforformái

A A könnyezés első 12 órájában									
(1) Könnyeztetés időpontja	(2) Könnyezési nedv mennyiség ml	(3) Koncentráció γ/ml				(4) Hozam γ-ban			
		Szer- vetlen	Szerves		Összes	Szer- vetlen	Szerves		Összes
			savlabil	egyéb			savlabil	egyéb	
VII. 7. vegetatív fázis	40,2	107	11	—	118	4301	442	—	4743
VII. 26. virágzási fázis	25,5	71	—	—	71	1811	—	—	1811
VIII. 23. termésérés fázis	—	—	—	—	—	—	—	—	—

B A könnyezés második 12 órájában									
VII. 7. vegetatív fázis	27,3	83	—	10	93	2266	—	273	2539
VII. 26. virágzási fázis	30,1	44	—	8	52	1324	—	241	1565
VIII. 23. termésérés fázis	6,7	202	8	14	224	1353	54	94	1501

A 2. táblázat a kukorica könnyezési nedv foszforformái koncentrációjának és hozamának adatait összesíti a növény levágásától számított első 12 (A), illetve második 12 (B) órában gyűjtött nedvben. A táblázatból kitűnik, hogy a kukorica vegetatív fázisában az első 12 óra könnyezési nedvének összfoszfortartalma mintegy 91%-ban szerves- és össz-foszfor koncentrációja mellett meghatároztuk a savlabil foszfortartalmát (norm. sósavval 10 perces hidrolízis, 100°-on), mint a szerves foszfor egyik formáját. Technikai nehézségek miatt e méréseket csak a kukoricával végeztük el.

mely 88,5%-ban szerves foszforból, 11,5%-ban pedig csak roncsolással kimutatható szerves foszforból áll.

A generatív fázisú növény könnyezési nedve az első 12 órában csak szervesen foszfort tartalmazott, míg a második 12 órában az össz-foszfor koncentrációjának 15%-a roncsolás után kimutatható szerves formában mutatkozik.

A terméshozás fázisában csak a második 12 órában könnyeztek a növények. Itt a viszonylag igen csekély könnyezési nedv-mennyiség ellenére nagy a foszfor-koncentráció. Az összfoszfor 224 γ /ml, melynek 90%-a szervesen eredetű, a 10% szervesfoszfor pedig kb. 4:6 arányban savlabilra és roncsolással kimutatható szervesfoszforra oszlik meg.

Míg a könnyezési nedv foszforkoncentráció értékei a fejlődés folyamán az összes foszfor formákra vonatkoztatva erős ingadozást mutatnak, addig a kukorica foszforhozam változását tartalmazó táblázatból a növény öregedésével határozott csökkenés észlelhető.

A kukorica könnyezési nedv foszforformáinak papírkromatográfiás minőségi vizsgálatai kevés eredményt adtak. Ennek oka egyrészt a foszforvegyületek igen alacsony koncentrációja, másrészt az anyagok gyors elbomlása. Gyakran észleltük, hogy a kromatogramm előhívása után a jól felismerhető foszfát folton kívül a start ponton halványabb kék folt marad vissza. Az eredményesebb vizsgálathoz elengedhetetlenül szükséges koncentrálni, a nedv liofilizálását, technikai nehézségek miatt nem tudtuk megvalósítani.

Ugyancsak konkrét eredmény nélküliek a Beckman-fotométerrel végzett vizsgálataink is. A görbék lefutása, melyeket a növény mind a három fejlődési fázisában gyűjtött könnyezési nedvről felvettünk, ugyan nem zárják ki, de nem is bizonyítanak a keresett vegyületek jelenléte mellett. A 270–280 $m\mu$ -nál észlelt maximumok az irodalmi adatok szerint a tirozin, vagy triptofán nagy koncentrációban való jelenlétét mutatná, ezt viszont nem erősítik meg, legalább is nem ilyen mennyiségben, az aminosav vizsgálatánál nyert adataink. Figyelemre méltó még a 330 $m\mu$ -nál jelentkező inflexiós pont, mely esetlegesen B₆ vitaminra enged következtetni.

Értékelés

A kukorica foszforhozam értékeinek a növény öregedésével kapcsolatban észlelt csökkenése jól összeegyeztethető a gyökér aktív működésének természetes csökkenésével. Ezt a feltevésünket alátámasztják Koloszovnak P³² izotóppal végzett kísérleteik amikor a gyökér szerepét a növény táplálkozásával kapcsolatban vizsgálta. Behizonyította ugyanis, hogy a gabonaféléknél a csomósgyökök azért tudják megjavítani a növények tápanyag ellátását, mert intenzív növekedésben vannak és aktívabb életműködést folytatnak [13].

A kukorica könnyezési nedv szerves foszforformáinak minőségi vizsgálataihoz sokkal nagyobb reményeket fűztünk, mint amilyen eredménnyel jártak.

Összefoglalás

Megvizsgáltuk a tök és kukoricánövény könnyezési nedvének foszforfrakcióit. A vizsgálatokból megállapítható:

1. A könnyezési nedv analízisének módszerével eredményesen tudjuk vizsgálni a különböző kultúrnövények foszfor táplálkozási sajátosságait.
2. Az észlelt adatokból következtethetünk egyrészt az egy növényen belüli foszforhozam életkori változásaira, másrészt összehasonlítást tehetünk a különböző növények eltérő foszfor-gazdálkodásával kapcsolatban is.

3. A könnyezési nedv összfoszfor tartalma szerves és szervesetlen foszforra osztható, melyeknek egymáshoz való aránya a növényenként más és más lehet.

4. A kukorica könnyezési nedvének szerves foszfortartalma savlabil foszforra és roncsolással kimutatható egyéb szerves foszforfrakcióra tagolható. A szerves-foszfor e két formájának nagy koncentráció ingadozása a könnyezési nedvben, mind az életkorral kapcsolatos változások, mind a könnyezési nedv begyűjtésének ideje szempontjából a gyökér aktív tevékenységét bizonyítja.

Érkezett: 1955. március 1.

Irodalom

- [1] Albaum, H. G.: Ann. Rev. Plant Physiol. **3**. 35. 1952.
- [2] Boriszova, N. I.: Izv. Akad. Nauk SzSzsZR, Szer. Biol. (1). 95. 1954.
- [3] Bikov, I. M.: Izv. Biolog. Naucsno-isszledovat. Inszt. pri perm. Univ. **6**. 277. 1929.
- [4] Block, R. J.: Paper Chromatography. Acad. Press. New York. 1952.
- [5] Carter, C. E.: J. Amer. Chem. Soc. **72**. 1466. 1950.
- [6] Cramer, F.: Papirchromatographie. Verlag Chemie. Weinheim. 1953.
- [7] De Ropp, R.: Ann. Bot. **10**. 31. 1946/a.
- [8] De Ropp, R.: Ann. Bot. **10**. 353. 1946/b.
- [9] Fekete, Z.: Talajtan. Tankönyvkiadó. Budapest. 1952.
- [10] Fiske, C. H. & Subbarow, Y.: J. Biol. Chem. **66**. 375. 1925.
- [11] Hanes, C. S. & Isherwood, F. A.: Nature. **164**. 1107. 1949.
- [12] Heyl, J. G.: Planta. **10**. 294. 1933.
- [13] Kolosov, I. I.: Izv. Akad. Nauk SzSzsZR, Szer. Biol. (1). 95. 1954.
- [14] Kudrin, Sz. A.: Agrobiologija. (5). 91. 1952.
- [15] Kurszanov, A. L.: Vesztnik Akad. Nauk SzSzsZR. **26**. 1953.
- [16] Laine, T.: Acta Bot. Fennica. **16**. 1. 1934.
- [17] Lowry, V. M. & Tabor, P.: Science. **73**. 453. 1931.
- [18] Lundegardh, H.: Arkiv Bot. **31**. (2). 1943.
- [19] Markham, R. & Smith, J. D.: Biochem. J. **45**. 294. 1949.
- [20] Partridge, S. M.: Nature. **164**. 443. 1949.
- [21] Pevnyev, D. Sz.: Himizacija Szoc. Zemled. (8). 1934.
- [22] Pierre, W. H. & Pohlmann, G. G.: J. Amer. Soc. Agr. **25**. 144. 1933.
- [23] Pohlmann, G. G. & Pierre, W. H.: J. Amer. Soc. Agr. **25**. 160. 1933.
- [24] Potapov, N. G., Szoloveva, O. & Ivancsenko, I.: Tr. Kom. po Irrig. Akad. Nauk. SzSzsZR. (8). 149. 1936.
- [25] Potapov, N. G.: Előadás a Magy. Biol. Egyesületben. 1952.
- [26] Potapov, N. G.: Növényélettani litografált jegyzet. 1953.
- [27] Rose, J. A. & Schweigert, G. S.: J. Amer. Chem. Soc. **73**. 5903. 1951.
- [28] Roth, H.: Mikrochemie. **31**. 292. 1944.
- [29] Sapot, V. Sz.: Uszpehi Szovr. Biol. **37**. (3) 255—278. 1954.
- [30] Smith, J. D. & Markham, R.: Biochem. J. **46**. 509. 1950.
- [31] Speidel, B.: Planta. **30**. 67. 1939.
- [32] Szabinin, D. A.: Bull. otd. Zeml. Gosz. inszt. opütn. agronomii. (15). 1928.
- [33] Szabinin, D. A.: Mineralnoe pitanie rasztenij. Akad. Moszkva. 1940.
- [34] Szabidin, D. A.: Akad. Nauk. SzSzsZR. Timirjazevszkie ostenija. **9**. 1949.
- [35] Szerdobolszkij, I. P. & Szinagina, M. G.: Izv. Akad. Nauk, SzSzsZR, Szer. Biol. (3). 113—119. 1954.
- [36] Szorokin, U. I.: Mikrobiologija. **23**. 79—99. 1954.
- [37] Taylor, A. E. & Miller, C. W.: J. Biol. Chem. **18**. 215. 1914.
- [38] Trubeckova, O. M.: Bull. Biologics. Naucsno-isszledov. Insztituta pri Perm. Un-te. **5**. 259. 1927.
- [39] Trubeckova, O. M. & Sidlovskaja, I. L.: Akad. Nauk. SzSzsZR. Trudü Inszt. Fiziol. Raszt. **7**. (2). 1951.

ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА В ПАСОКЕ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Н. Г. Потапов и И. Мольнар-Керестеш

Кафедра физиологии растений Университета им. Л. Этвеша, Будапешт (Венгрия)

Резюме

Авторы исследовали особенности фосфорного питания нескольких культурных растений одним из методов, применяемых для изучения минерального питания растений — методом анализа пасоки, разработанным Сабининым. Растения (тыква обыкновенная, кукуруза сорта Ф. Б. Мартонвашар, картофель сорта ранний летний розовый, подсолнечник сорта Маутнер, томаты сорта Фаворит и конопля) выращивались в открытом грунте. В процессе опытов в первом году авторы собирали пасоку каждый 5-ый день в течение всего вегетационного периода и определяли в ней изменение содержания неорганического, общего и органического фосфора. Результаты опытов показывают с одной стороны возрастные изменения содержания этих форм фосфорных соединений в пасоке, с другой же стороны — отличия в снабжении фосфором отдельных видов растений.

Во втором году внимание авторов было направлено главным образом на более детальное познание органического фосфора. Содержание органического фосфора в пасоке кукурузы состоит из кислотолабильного фосфора и из определяемых сжиганием прочих фракций органического фосфора.

Рисунок 1.: Изменение концентрации фосфора в пасоке тыквы в течение вегетационного периода. --- неорганический фосфор, ————— органический фосфор, - - - - - общий фосфор.

Рисунок 2.: Изменение концентрации фосфора в пасоке кукурузы в течение вегетационного периода. ----- неорганический фосфор, ————— органический фосфор, - - - - - общий фосфор.

Рисунок 3.: Изменение количества пасоки и концентрации общего фосфора в пасоке тыквы в течение вегетационного периода. ————— количество пасоки в мл-ах, - - - - - концентрация общего фосфора в $\gamma/\text{мл}$.

Рисунок 4.: Изменение выноса фосфора в пасоке тыквы в течение вегетационного периода. ----- неорганический фосфор, ————— органический фосфор, - - - - - общий фосфор.

Рисунок 5.: Изменение выноса фосфора в пасоке кукурузы в течение вегетационного периода. ----- неорганический фосфор, ————— органический фосфор, - - - - - общий фосфор.

Рисунок 6.: Вынос фосфора в пасоке отдельных культурных растений. 1: подсолнечник, 2: конопля, 3: томаты, 4: тыква, 5: кукуруза.

Таблица 1.: Концентрация ($\gamma/\text{мл}$) и вынос (γ) фосфора в пасоке растений в фазу цветения. (1) формы фосфора: неорганический, органический и общий. (2) 50-ти дневная тыква, (3) 40-а дневная кукуруза, (4) 48-ми дневный картофель.

Таблица 2.: Формы фосфора в пасоке кукурузы. (А) Первые 12 часов сбора пасоки и (Б) вторые 12 часов сбора пасоки. (1) Срок сбора пасоки: фаза вегетативная, цветения и созревания. (2) Количество пасоки в мл-ах. (3) Концентрация неорганического, органического (кислотолабильного и прочего) и общего фосфора в $\gamma/\text{мл}$. (4) Вынос неорганического, органического (кислотолабильного и прочего) и общего фосфора в γ -ах.

Les formes du phosphore dans le jus d'exudation exadation des plantes cultivées

N. G. POTAPOV et Mme I. MOLNÁR-KERESZTES

Institut de Physiologie Végétale de l'Université des Sciences L. Eötvös,
Budapest (Hongrie)

Résumé

Nous avons étudié les particularités de l'alimentation phosphorique de diverses plantes cultivées selon la méthode de Sabinine [32, 33] élaborée pour l'étude de la nutrition minérale des plantes. Nous avons fait nos essais avec des plantes de terre franche (citrouille, maïs F. B. de Martonvásár, pomme de terre «rose» d'été précoce, tournesol de Mauthner, tomate Favorit, chanvre.)

Pendant la première année en suivant de près l'évolution de la plante (prise d'échantillon tous les 5 jours) nous avons établi les changements survenus dans la teneur de la sève excrétée en phosphate inorganique et en phosphate total, respectivement. La deuxième année notre attention a été tournée plutôt vers l'élucidation plus détaillée de la teneur en phosphate organique. Les données obtenus mettant en lumière les changements suivant l'âge dans une même plante, d'une part, et les différentes modes de la gestion du P par les différentes plantes, d'autre part. La teneur du phosphore organique se divise en acide phosphorique labile envers les acides et en fraction décomposable par combustion humide.

Fig. 1.: Changement de la concentration du P de la sève excrétée de la citrouille pendant la période végétative. - - - P inorganique, ——— P organique, P total.

Fig. 2.: Changement de la concentration du P de la sève excrétée pendant la période végétative. - - - P inorganique, ——— P organique, P total.

Fig. 3.: Changements quantitatives observés pendant la période végétative chez la citrouille rapportés à la sève et à sa concentration en P total. ——— quantité de la sève en ml
- - - - - concentration du P total γ/ml

Fig. 4.: Changement survenu pendant la période végétative chez la citrouille - - - P inorganique, ——— P organique, P total.

Fig. 5.: Changement du P pendant la période végétative chez le maïs. - - - - P inorganique, ——— P organique, P total.

Fig. 6.: P excrété par les diverses plantes cultivées. 1. Tournesol. 2. Chanvre. 3. Tomato. 4. Citrouille. 5. Maïs.

Tableau 1.: Valeurs concernant la concentration et le rendement des diverses formes de P dans la sève excrétée de plantes en phase de floraison. (1) Forme de P, inorganique, organique, total. (2) Citrouille de 50 jours. (3) Maïs de 42 jours, (4) pomme de terre de 48 jours, concentration et rendement, resp. γ/ml .

Tableau 2.: Formes de P de la sève excrétée du maïs. A) Dans les premières douze heures, B) dans la deuxième période de 12 heures de la sécrétion. (1) Date de la sécrétion: phase végétative, de la floraison et de la maturité. (2) Quantité de la sève excrétée en ml. (3) Concentration γ/l : inorganique, organique (labile envers les acides et autre), total. (4) Rendement en γ : inorganique, organique (labile envers les acides et autre), total.